



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001021445 A**(43) Date of publication of application: **26.01.01**

(51) Int. Cl. **G01M 11/00**  
**G01B 11/00**  
**H04B 10/08**

(21) Application number: **11196802**(22) Date of filing: **09.07.99**

(71) Applicant: **ANDO ELECTRIC CO**  
**LTDKANSAI ELECTRIC POWER**  
**CO INC:THE**

(72) Inventor: **MINAMI TAKAO**  
**SHIMIZU KEIICHI**

(54) **MULTIPLE BRANCHING OPTICAL PATH TEST APPARATUS**

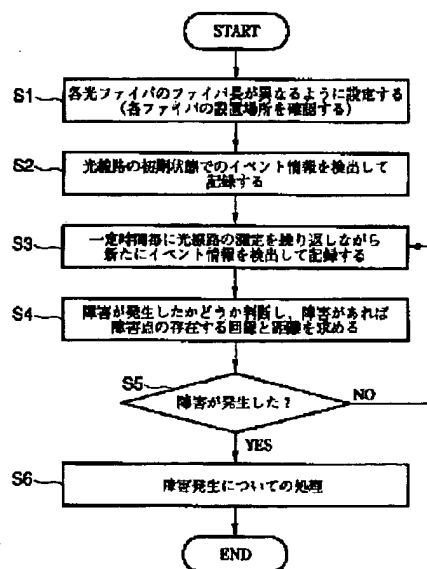
## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure a line and a distance of fault points.

SOLUTION: Each of optical fibers of a multiple branching optical path is made different in length (S1). A test light is inputted to the multiple branching optical path in an initial state without a fault, an OTDR (optical time region back scattering measurement method) waveform is measured from a time series change of the returning light, and event information composed of a distance and a level difference of Fresnel reflection points is obtained (S2). Fresh event information is obtained from the OTDR waveform for every constant time afterwards (S3) until a fault takes place (S5). The obtained two event informations are compared with each other and, the optical fiber in the initial state corresponding to the reflection points where distances do not agree is set as a fault line. Then, when the number of reflection points is smaller than in the initial state, a difference of the level differences of both event informations is obtained for each set of reflection points. A distance of the set of reflection points closest to the level

difference of the reflection points present only in the initial state is set as a distance of the fault. On the other hand, when the number of the reflection points is equal, a distance of the reflection points not present in the initial state is set as the distance of the fault (S4).

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-21445

(P2001-21445A)

(43) 公開日 平成13年1月26日 (2001.1.26)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード<sup>\*</sup> (参考)

G 0 1 M 11/00

G 0 1 M 11/00

R 2 F 0 6 5

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

A 2 G 0 8 6

H 0 4 B 10/00

H 0 4 B 9/00

K 5 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平11-196802

(22) 出願日

平成11年7月9日 (1999.7.9)

(71) 出願人 000117744

安藤電気株式会社

東京都大田区蒲田4丁目19番7号

(71) 出願人 000156938

関西電力株式会社

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号

(72) 発明者 南 隆生

東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電

気株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外8名)

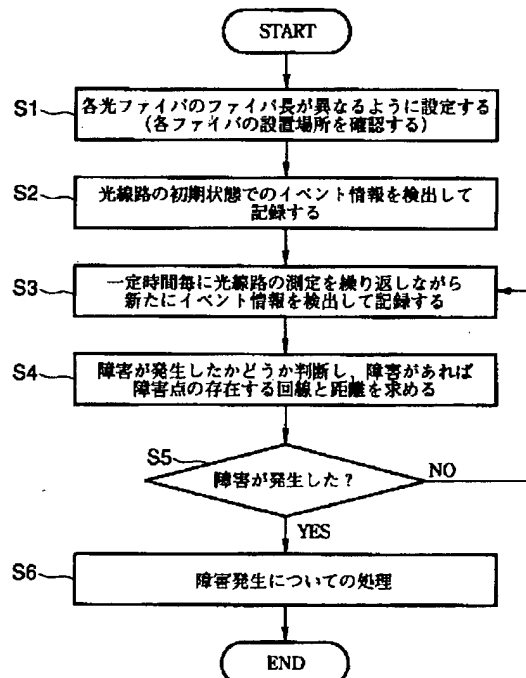
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多分岐光線路試験装置

(57) 【要約】

【課題】 障害点の回線と距離を測定できる多分岐光線路試験装置を提供する。

【解決手段】 多分岐光線路の各光ファイバ長を違えておく (S1)。障害のない初期状態で多分岐光線路に試験光を入射して戻り光の時系列的変化からOTDR波形を測定し、各フレネル反射点の距離とレベル差から成るイベント情報を求める (S2)。以後、障害発生 (S5) まで一定時間毎にOTDR波形から新たなイベント情報を求める (S3)。得られた両イベント情報を比較して、距離が一致しない反射点に対応する初期状態の光ファイバを障害回線とする。次に、初期状態より反射点の数が少ないときは、両イベント情報のレベル差の差分を各反射点の組について求め、これら差分のうち、初期状態にのみ存在している反射点のレベル差に最も近い反射点の組の距離を障害点の距離とする。一方、反射点の数が同じ場合は初期状態に存在しない距離を障害点の距離とする (S4)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに長さの異なる複数の光線路に光を分岐させる多分岐光線路に対して光パルスを入射し、該多分岐光線路から戻ってくる応答光の時系列的変化である測定波形を求める多分岐光線路試験装置において、前記測定波形から前記各光線路上に存在する反射点及び接続点を検出し、該反射点及び該接続点の各々について距離及び損失を求めるイベント検出手段と、前記イベント検出手段に指示を行って、前記多分岐光線路に障害のない初期状態及び障害探索時点の各々について前記距離及び前記損失を求める制御手段と、前記初期状態及び前記障害探索時点の各々について求めた前記距離及び前記損失を比較して、障害点の存在する光線路及び位置を決定する障害情報算出手段とを具備することを特徴とする多分岐光線路試験装置。

【請求項2】 前記障害情報算出手段は、前記初期状態について求めた距離のうち、前記障害探索時点について求めた距離の中に存在しない距離を持つ反射点又は接続点に対応した光線路を前記障害点の存在する光線路に決定し、前記障害探索時点で検出された反射点及び接続点の総数が前記初期状態より少なければ、前記初期状態と前記障害探索時点で距離の一致する反射点及び接続点についてそれぞれ前記損失の差分を求め、前記初期状態でのみ検出された反射点又は接続点の持つレベル差に最も近い差分に対応した反射点又は接続点の距離を前記障害点の距離に決定し、検出された反射点及び接続点の総数が前記初期状態と前記障害探索時点で同じであれば、前記障害探索時点について求めた距離のうち、前記初期状態について求めた距離の中に存在しない距離を前記障害点の距離に決定することを特徴とする請求項1記載の多分岐光線路試験装置。

【請求項3】 前記制御手段は、前記イベント検出手段に指示して、前記障害探索時点に関する前記距離及び前記損失を繰返して求め、前記障害情報算出手段は、前記初期状態及び前記障害探索時点についてそれぞれ求めた前記距離及び前記損失から障害の発生を検出する障害検出手段を有し、前記障害の発生を条件として前記障害点の存在する光線路及び位置を決定することを特徴とする請求項1又は2記載の多分岐光線路試験装置。

【請求項4】 時刻を計時する計時手段と、前記障害の発生を条件として前記計時手段から時刻を取得し、該時刻を障害発生時間に決定する障害発生時間決定手段とを有することを特徴とする請求項3記載の多分岐光線路試験装置。

【請求項5】 前記障害検出手段は、前記初期状態と前記障害探索時点について求めた距離に不一致があるか、或いは、検出された反射点及び接続点の総数に不一致が

あれば、前記障害が発生しているものと判断することを特徴とする請求項3又は4記載の多分岐光線路試験装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、多分岐光線路に障害が発生した場合に障害点の存在する光線路に加えて障害点の位置を測定する多分岐光線路試験装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図9は、従来の技術による多分岐光線路試験装置とその試験対象の構成を示したブロック図であって、1. 31/1. 55波長多重伝送システムに設けられた8分岐形光線路の故障切分け試験を行うものである。同図において、OTDR（光時間領域後方散乱測定法）測定器1から出射された1. 6  $\mu$ m帯の試験光（光パルス）は、光カプラ2を介して光線路3に入射したのち、この光線路3内を伝播してコネクタ4からスターカプラ5に入射する。スターカプラ5は入射した試験光を8方向に分岐して、コネクタ6-1～6-8を介してそれぞれ光ファイバ7-1～7-8に分配する。これら光ファイバを伝播した試験光はONU（Optical Network Unit；加入者ネットワーク装置）8-1～8-8の手前にそれぞれ設置されたフィルタ9-1～9-8に入射する。

【0003】ここで、フィルタ9-1～9-8はそれぞれONU8-1～8-8に出力する光信号（即ち、OSU（伝送装置）10から送られる通信光）のみを通過させて試験光を反射する通過帯域特性を有している。したがって、伝播してきた試験光はフィルタ9-1～9-8でそれぞれ反射され、コネクタ6-1～6-8に向かってそれぞれ光ファイバ7-1～7-8を逆戻りしてゆき、スターカプラ5で合波されたのち、コネクタ4、光線路3を通過して光カプラ2に入射し、応答光として光カプラ2からOTDR測定器1に戻る。そこで、OTDR測定器1は多分岐光線路から戻ってきた応答光を解析して観測波形（OTDR波形）の表示などの様々な処理を行う。

【0004】ここで、図10はOTDR測定器1によって観測された応答光の波形の一例を示したグラフである。同図に示される波形は応答光の時系列的変化を示しており、図中、横軸は応答光の伝播時間に対して光の伝送速度を乗じた値（つまり、多分岐光線路に入射させた試験光が伝播した光ファイバの距離）であり、縦軸は観測される応答光の相対的な強度である。前述したように応答光はフィルタ9-1～9-8で反射されたフレネル反射光が合波されたものではあるが、これらフィルタ9-1～9-8はOTDR測定器1からの距離が互いに異なる位置に設けられている。そのため、各フィルタ9-1～9-8からの反射光は時間軸上で重なることなく、OTDR波形上で分離して観測されることになる。

【0005】例えば図10の場合、最も左側に示される

波形 $W_R$ がスターカプラ5で反射される反射光に対応し、以後、図中の右側に向かって順に光ファイバ7-1～7-8を介してフィルタ9-1～9-8で反射される反射光の波形 $W_1 \sim W_8$ が示されている。また、図11は図10に示した観測波形のうち、波形 $W_6 \sim W_8$ の近傍を拡大表示したものであって、同図(a)は光ファイバ7-6～7-8の何れにも故障がない場合、同図(b)は光ファイバ7-7に対して3dBの曲げ損失を付与して故障を模擬した場合である。これら両観測波形を対比すれば分かるように、光ファイバに故障が存在すると反射光の強度が低下するため、応答光に含まれる反射光の強度を解析することによって光線路に生じた故障を検出できる。なお、かかる技術については、例えば「分岐形光線路の1.6 $\mu$ m帯故障切り分け試験技術」、1994年電子情報通信学会秋期大会、論文B-846”に開示されている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した多分岐光線路試験装置では故障が生じている光線路の回線は検出できるものの、当該回線上における障害点の距離を求めることができない。また、スターカプラ5からフィルタ9-1～9-8までの距離がそれぞれ異なるように各フィルタを設置する必要があるが、これらフィルタが加入者のすぐそばに設置されることを考慮するならば、上述した条件を満たすように各フィルタを配置するのはそれに要するコストを考えると実用的とは言えない。

【0007】本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的は、障害点のある回線のみならず当該回線上における障害点の距離を測定できる多分岐光線路試験装置を提供することにある。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するために、請求項1記載の発明は、互いに長さの異なる複数の光線路に光を分岐させる多分岐光線路に対して光パルスを入射し、該多分岐光線路から戻ってくる応答光の時系列的変化である測定波形を求める多分岐光線路試験装置において、前記測定波形から前記各光線路上に存在する反射点及び接続点を検出し、該反射点及び該接続点の各々について距離及び損失を求めるイベント検出手段と、前記イベント検出手段に指示を行って、前記多分岐光線路に障害のない初期状態及び障害探査時点の各々について前記距離及び前記損失を求める制御手段と、前記初期状態及び前記障害探査時点の各々について求めた前記距離及び前記損失を比較して、障害点の存在する光線路及び位置を決定する障害情報算出手段とを具備することを特徴としている。

【0009】また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記障害情報算出手段は、前記初期状態について求めた距離のうち、前記障害探査時点について求めた距離の中に存在しない距離を持つ反射点又は

接続点に対応した光線路を前記障害点の存在する光線路に決定し、前記障害探査時点で検出された反射点及び接続点の総数が前記初期状態より少なければ、前記初期状態と前記障害探査時点で距離の一致する反射点及び接続点についてそれぞれ前記損失の差分を求め、前記初期状態でのみ検出された反射点又は接続点の持つレベル差に最も近い差分に対応した反射点又は接続点の距離を前記障害点の距離に決定し、検出された反射点及び接続点の総数が前記初期状態と前記障害探査時点で同じであれば、前記障害探査時点について求めた距離のうち、前記初期状態について求めた距離の中に存在しない距離を前記障害点の距離に決定することを特徴としている。

【0010】また、請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の発明において、前記制御手段は、前記イベント検出手段に指示して、前記障害探査時点に関する前記距離及び前記損失を繰返して求め、前記障害情報算出手段は、前記初期状態及び前記障害探査時点についてそれぞれ求めた前記距離及び前記損失から障害の発生を検出する障害検出手段を有し、前記障害の発生を条件として前記障害点の存在する光線路及び位置を決定することを特徴としている。また、請求項4記載の発明は、請求項3記載の発明において、時刻を計時する計時手段と、前記障害の発生を条件として前記計時手段から時刻を取得し、該時刻を障害発生時間に決定する障害発生時間決定手段とを有することを特徴としている。また、請求項5記載の発明は、請求項3又は4記載の発明において、前記障害検出手段は、前記初期状態と前記障害探査時点について求めた距離に不一致があるか、或いは、検出された反射点及び接続点の総数に不一致があれば、前記障害が発生しているものと判断することを特徴としている。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の一実施形態について説明する。図1は、本実施形態による多分岐光線路試験装置とその試験対象の構成を示したブロック図であり、図11に示したものと同一構成要素については同一の符号を付してある。なお、説明の都合から本実施形態では4本の光ファイバが設けられた多分岐光線路を試験対象としている。

【0012】図1において、OTDR測定器11は、以下に詳述する本実施形態特有のOTDR波形解析処理を行うこと、および、現在時刻を知るためのタイマ（図示省略）を内部に備えていることを除いて、図9に示したOTDR測定器1と同等の機能を有している。記憶装置12は大容量のハードディスク等で構成されており、OTDR測定器11による測定結果を記憶するためのものである。終端器13-1～13-4はそれぞれ光ファイバ7-1～7-4を終端するためのものである。コネクタ14はOTDR測定器11とスターカプラ15の間を接続しており、スターカプラ15は試験光を8方向ではなく4方

向に分岐する以外は図11に示したスターカプラ5と同等の機能を持っている。なお、コネクタ14, スターカプラ15, コネクタ6-1~6-4, 光ファイバ7-1~7-4及び終端器13-1~13-4が試験対象を構成しており、OTDR測定器11及び記憶装置12が多分岐光線路試験装置を構成している。

【0013】ここで、図2は光ファイバ7-1~7-4の何れにも障害がないときに得られるOTDR波形の一例を示しており、光ファイバ7-1~7-4から戻ってくる反射光や後方散乱光（以下、これらを総称して「戻り光」という）が重ねられて形成されている。同図において、横軸はOTDR測定器11から各観測点までの往復の距離を示しており、縦軸は多分岐光線路からの戻り光の光パワーレベルを示している。図中、左端にゆくほどOTDR測定器11に近く、右端にゆくほど加入者側に近くなっている。OTDR波形の各データは0.5m間隔で採取されており、例えばデータ数が20000ポイントであれば距離に換算して0.5m×20000=10kmが観測対象となる。

【0014】また、フレネル反射点CPは、スターカプラ15と光ファイバ7-1~7-4を接続するコネクタ6-1~6-4で生じたフレネル反射光のピーク波形に相当し、

$$\Delta ED1 = 5 \cdot \log \{ (P1+P2+P3+P4) / (P2+P3+P4) \} \quad \cdots (2)$$

したがって、この式と上述した(1)式から結果的に次

$$\Delta ED1 = 5 \cdot \log (4/3) \approx 0.62 \text{ dB} \quad \cdots (3)$$

【0016】同様に、フレネル反射点ED2, ED3におけるレベル差 $\Delta ED2$ ,  $\Delta ED3$ はそれぞれ以下のように算出される。

$$\begin{aligned} \Delta ED2 &= 5 \cdot \log \{ (P2+P3+P4) / (P3+P4) \} \\ &= 5 \cdot \log (3/2) \approx 0.88 \text{ dB} \quad \cdots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta ED3 &= 5 \cdot \log \{ (P3+P4) / P4 \} \\ &= 5 \cdot \log (2) \approx 1.51 \text{ dB} \quad \cdots (5) \end{aligned}$$

また、光ファイバ7-4の遠端（終端器13-4）の距離に相当するフレネル反射点ED4におけるレベル差 $\Delta ED4$ は、この遠端におけるダイナミックレンジに等しく、当該遠端の光パワーレベルと雑音の光パワーレベルの比として算出される。したがって、レベル差 $\Delta ED4$ の値はOTDR測定器11の性能に依存して決定されることになる。

【0017】一方、何れかの光ファイバに障害点が存在しなおかつ当該障害点の距離が障害点のある光ファイバ以外の光ファイバの終端に一致する場合は、障害点によるフレネル反射と終端に設置された終端器によるフレネ

$$\begin{aligned} \Delta ED3 + \Delta ED4 &= \text{光ファイバ7-4の終端点におけるダイナミックレンジ} \\ &+ 1.51 \text{ dB} \quad \cdots (8) \end{aligned}$$

【0018】次に、図3に示すフローチャートを参照しつつ、上記構成を用いて障害点の存在する光ファイバ回線と障害点の距離を求めるための手順について説明する。まず、光ファイバ7-1~7-4のファイバ長が互いに異なるようにこれら光ファイバを敷設し、それらの設置

フレネル反射点ED1~ED4はそれぞれ終端器13-1~13-4によって生じたフレネル反射光のピーク波形に相当する。ここで、スターカプラ15は光ファイバ7-1~7-4に対してそれぞれ同一の光パワーを持つ光を分岐する4等分岐の特性を持っている。したがって、光ファイバ7-1~7-4からの戻り光のパワーをそれぞれP1~P4とすれば、次式が成立することになる。

$$P1 = P2 = P3 = P4 \quad \cdots (1)$$

【0015】また、光ファイバ7-1~7-4の持つ損失のバラツキが小さいとすると、何れの光ファイバにも障害が存在しない場合に、フレネル反射点ED1~ED4の前後での損失に相当するレベル差 $\Delta ED1 \sim \Delta ED4$

（図2参照）はそれぞれ以下ようになる。まず、光ファイバ7-1の遠端（終端器13-1）の距離に相当するフレネル反射点ED1において、この反射点の直前では光ファイバ7-1~7-4からの後方散乱光のパワーP1~P4の総和が観測され、当該反射点の直後では光ファイバ7-2~7-4からの後方散乱光の総和が観測される。そして、これら2つの光パワーの違いからフレネル反射点ED1における段差波形が形成されている。したがって、フレネル反射点ED1におけるレベル差 $\Delta ED1$ は、これら2つの光パワーの比から次式で算出される。

式が導かれる。

$$\Delta ED1 = 5 \cdot \log (4/3) \approx 0.62 \text{ dB} \quad \cdots (3)$$

ル反射が重なるため、その損失は以下ようになる。

① 光ファイバ7-2に障害点がある場合は、フレネル反射点ED1, ED2が重なるのと等しく、光ファイバ7-1の長さと同様に光ファイバ7-2の長さが同じになったのと同値であることから、当該障害点における損失は次式の通りになる。

$$\Delta ED1 + \Delta ED2 \approx 1.50 \text{ dB} \quad \cdots (6)$$

② 光ファイバ7-3に障害点がある場合は、フレネル反射点ED2, ED3が重なるのと等しく、光ファイバ7-2の長さと同様に光ファイバ7-3の長さが同じになったのと同値であることから、当該障害点における損失は次式の通りになる。

$$\Delta ED2 + \Delta ED3 \approx 2.39 \text{ dB} \quad \cdots (7)$$

③ 光ファイバ7-4に障害点がある場合は、フレネル反射点ED3, ED4が重なるのと等しく、光ファイバ7-3の長さと同様に光ファイバ7-4の長さが同じになったのと同値であることから、当該障害点における損失は次式の通りになる。

場所をあらかじめ確認しておく（ステップS1）。次に、何れの光ファイバにも障害がない初期状態において、OTDR測定器11は多分岐光線路を測定して得られるOTDR波形から、フレネル反射点を検出するとともに各反射点のレベル差を算出し、それらを初期状態の

「イベント情報」として記憶装置12へ記憶させる。この初期状態のイベント情報は例えば図4に示すものとなり、フレネル反射点毎に距離及びレベル差が記録される。なお、OTDR測定器11は初期状態におけるイベント情報の測定を最初の1回だけ行うようにしている。ちなみに、OTDR波形からフレネル反射点を検出してそれらのレベル差を算出する手順は、従来のOTDR測定器でも実施されている周知の技術であるため、その詳細についてはここでは説明しない(以上、ステップS2)。

【0019】次に、OTDR測定器11は多分岐光線路に対して測定を行い、初期状態のイベント情報を求めた場合と同様にして、得られたOTDR波形からイベント情報を算出して記憶装置12に記憶させる(ステップS3)。次いで、OTDR測定器11は以下に詳述する手順によって障害が発生しているかどうかを判断し、もし障害が発生しているのであれば障害点の存在する回線と障害点の距離を算出する。本実施形態では断線等の障害点が1箇所だけ存在することを仮定しているため、障害が発生したときのイベント情報のパターンとして想定されるのは以下に述べるケースA、ケースBの2種類のみとなる。なお、以下では光ファイバ7-4に障害が発生した場合を例に挙げて説明を行うことにする。

#### 【0020】① ケースA

このケースでは、例えば光ファイバ7-4上の位置P<sub>1</sub>(図1を参照)に障害が発生した場合、つまり終端器13-3が設置されている距離と同距離に障害点が存在する場合である。このときにOTDR波形から得られるイベント情報は図5に示す通りであり、また、観測されるOTDR波形は図6に示すものとなる。つまり、検出されるフレネル反射点はED1、ED2、ED3Aの3箇所であって、フレネル反射点ED1、ED2における距離及びレベル差は何れも図4に示した初期状態の場合と同じである。一方、フレネル反射点ED3Aについては距離のみが図4に示したフレネル反射点ED3のものと同じになる。このように、ケースAの場合は、初期状態の場合よりも少ない個数のフレネル反射点が検出され、検出されたフレネル反射点の各距離については初期状態で検出されているフレネル反射点の距離の何れかに一致する。

#### 【0021】② ケースB

このケースでは、例えば光ファイバ7-4上の位置P<sub>2</sub>(図1を参照)に障害が発生した場合、つまり終端器13-2の設置位置と終端器13-3の設置位置の間に障害点が存在する場合である。このときにOTDR波形から得られるイベント情報は図7に示す通りであり、また、観測されるOTDR波形は図8に示すものとなる。つまり、検出されるフレネル反射点はED1、ED2、ED3B、ED4Bの4箇所であって、フレネル反射点ED1、ED2における距離及びレベル差は何れも図4に示

した初期状態の場合と同じである。一方、フレネル反射点ED3Bに対応するフレネル反射点は図4にはなく、また、フレネル反射点ED4Bについては距離のみが図4に示したフレネル反射点ED3と同じになる。このように、ケースBの場合は初期状態で検出されていたときと同じ個数のフレネル反射点が検出されるが、検出されたフレネル反射点のうちの何れかの距離が初期状態で検出されているフレネル反射点の距離の何れとも異なっている。

【0022】なお、これら各ケースについての説明から分かるように、OTDR測定器11は初期状態のイベント情報(ステップS2)とステップS3で採取したイベント情報を比較して、各フレネル反射点の距離が一致しないものが存在するか、あるいは、検出されたフレネル反射点の数が互いに異なっていれば障害が発生しているものと判断する。

【0023】次いで、障害が発生していると判断した場合、OTDR測定器11は以下に詳述する手順に従って障害点の存在する光ファイバの回線と当該障害点の距離を決定する。

#### ① ケースA

OTDR測定器11は記憶装置12から図4に示す初期状態のイベント情報と新たに検出した図5のイベント情報を取り出し、これら2つのイベント情報を比較して障害点を判定する。いま、フレネル反射点ED1、ED2については距離及びレベル差が何れも両イベント情報で同じであることから、OTDR測定器11は光ファイバ7-1及び光ファイバ7-2には障害点が存在しないと判断する。また、フレネル反射点ED3とフレネル反射点ED3Aについてはそれらの距離が互いに同じであるために、OTDR測定器11は光ファイバ7-3にも障害点が存在しないと判断する。

【0024】次に、OTDR測定器11は、図5に示すイベント情報にはフレネル反射点ED1、ED2、ED3Aのほかにはフレネル反射点がないことから、初期状態におけるフレネル反射点ED1～ED3の終端の何れかに一致する距離において障害が発生しているものと推定する。また、OTDR測定器11は、初期状態におけるフレネル反射点ED1～ED4のうち、その距離がステップS3で検出されたフレネル反射点ED1、ED2、ED3Aに対応していないフレネル反射点としてフレネル反射点ED4を見つけて、当該フレネル反射点に対応している光ファイバ7-4上に障害点が存在するものと推定する。

【0025】次いで、OTDR測定器11は、光ファイバ7-4上の障害点の距離が、光ファイバ7-1～7-3の中のどの光ファイバの終端の距離に一致しているのかを推定する。そのために、OTDR測定器11は初期状態と障害状態において距離が一致している各フレネル反射点についてそれぞれレベル差の差分を求めて、これら差分

のうち初期状態におけるフレネル反射点ED4のレベル差に最も近いものを検索し、検索されたフレネル反射点の組に対応する距離を障害点の距離として推定する。

【0026】いまの場合、フレネル反射点ED1、ED2のレベル差は初期状態のイベント情報と障害状態のイベント情報で等しいため、これら2つのフレネル反射点に関するレベル差の差分はいずれも0dBである。一方、フレネル反射点ED3とフレネル反射点ED3Aの間のレベル差の差分は、 $9.2 - 1.5 = 7.7$  dBである。したがって、フレネル反射点ED4のレベル差7.4dBに最も近いレベル差の差分を持つのは、フレネル反射点ED3、ED3Aの組であることがわかり、OTDR測定器11は障害点が光ファイバ7-4上の距離4.185kmの位置で断線しているものと推定する。

#### 【0027】② ケースB

ケースAの場合と同様に、OTDR測定器11は記憶装置12から図4に示す初期状態のイベント情報と新たに検出した図7のイベント情報を取り出し、これら2つのイベント情報を比較して障害点を判定する。いま、フレネル反射点ED1、ED2については距離及びレベル差とも同じであるため、OTDR測定器11は光ファイバ7-1及び光ファイバ7-2には障害点が存在しないものと判断する。また、フレネル反射点ED4Bの距離はフレネル反射点ED3の距離と同じであることから、OTDR測定器11は光ファイバ7-3にも障害点が存在しないものと判断する。これに対し、フレネル反射点ED3Bの距離は初期状態におけるフレネル反射点ED1～ED4の距離の何れとも異なっているため、OTDR測定器11は障害が光ファイバ7-4で発生しており、障害点の距離がフレネル反射点ED3Bの距離3.912kmであると推定する（以上、ステップS4）。

【0028】次に、OTDR測定器11はステップS4で障害が検出されなかった場合（ステップS5の判断結果が“NO”）には、その処理をステップS3に戻して、一定時間が経過したのちにステップS3～S4の処理を再び行う。こうして、OTDR測定器11は障害が発生するまでステップS3～S5の処理を繰り返し実行することになる。その後、多分岐光線路において障害が発生してステップS5の判断結果が“YES”となると、OTDR測定器11は内部のタイマから現在時刻を取得してこれを障害発生時刻に決定する。以上に加えて、OTDR測定器11は障害が発生した場合に実施すべき各種の処理（例えば障害が発生したことの告知）を行う（以上、ステップS6）。

【0029】なお、上述した説明では、初期状態のイベント情報に含まれる距離とステップS3で採取したイベント情報の距離を比較する場合には、これらの距離が完全に一致しているかどうかを調べるようにしていた。しかしながら、実際には両者の距離がある許容範囲内（例えば±0.5m）にあれば一致しているものと見なして

取り扱っても良い。また、上述した説明では、障害点としてフレネル反射点を例に挙げて説明したが、障害の原因には断線以外にも損失異常などが考えられることから、ある閾値を越える損失が生じている箇所についてはこれを「接続点」として検出し、フレネル反射点とともに検出された接続点を障害点の存在する回線とその距離を求めるために用いても良い。

#### 【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、多分岐光線路に障害のない初期状態及び障害探査時点の各々について、多分岐光線路から戻ってくる応答光の時系列的変化である測定波形から各光線路上に存在する反射点及び接続点を検出して各々の距離及び損失を求め、これらを比較することで障害点の存在する光線路及び位置を決定している。これにより、従来得られなかった障害点の距離に関する情報を得ることができる。また、障害点の存在する光線路及び位置を自動的に測定できるため、従来のようにスターカプラとフィルタの間隔が光線路毎に異なるように各フィルタを設置する必要がなくなり、測定作業を効率的に実施することができる。また、同一の測定動作が行われるため、人間が測定を行う場合に比較してより信頼性の高い測定を行うことが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態による多分岐光線路試験装置とその試験対象の構成を示すブロック図である。

【図2】 同実施形態において、何れの光ファイバにも障害がない場合のOTDR波形の一例を示した説明図である。

【図3】 同実施形態において、多分岐光線路における障害点の存在する回線とその距離を求めるための手順を示したフローチャートである。

【図4】 同実施形態において、何れの光ファイバにも障害がない初期状態で得られるイベント情報を示した図表である。

【図5】 同実施形態において、光ファイバ7-4で障害が発生している第1のケースで得られるイベント情報を示した図表である。

【図6】 図5に示したケースにおいて観測されるOTDR波形の一例を示した説明図である。

【図7】 同実施形態において、光ファイバ7-4で障害が発生している第2のケースで得られるイベント情報を示した図表である。

【図8】 図7に示したケースにおいて観測されるOTDR波形の一例を示した説明図である。

【図9】 従来の技術による多分岐光線路試験装置とその試験対象の構成を示すブロック図である。

【図10】 同装置内のOTDR測定器1で観測された応答光の波形の一例を示した説明図である。

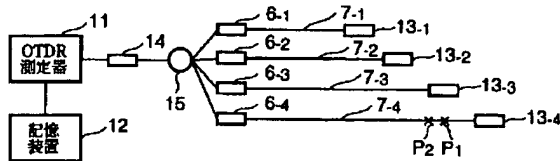
【図11】 図10に示した観測波形のうちの波形W<sub>0</sub>～W<sub>8</sub>の近傍を拡大した説明図であって、(a)は何れ

の光ファイバにも故障がない場合、(b)は光ファイバ7-7に故障が存在する場合である。

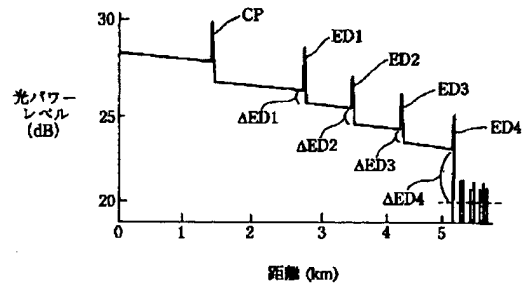
【符号の説明】

6-1～6-4, 14…コネクタ、7-1～7-4…光ファイバ、11…OTDR測定器、12…記憶装置、13-1～13-4…終端器、15…スターカプラ

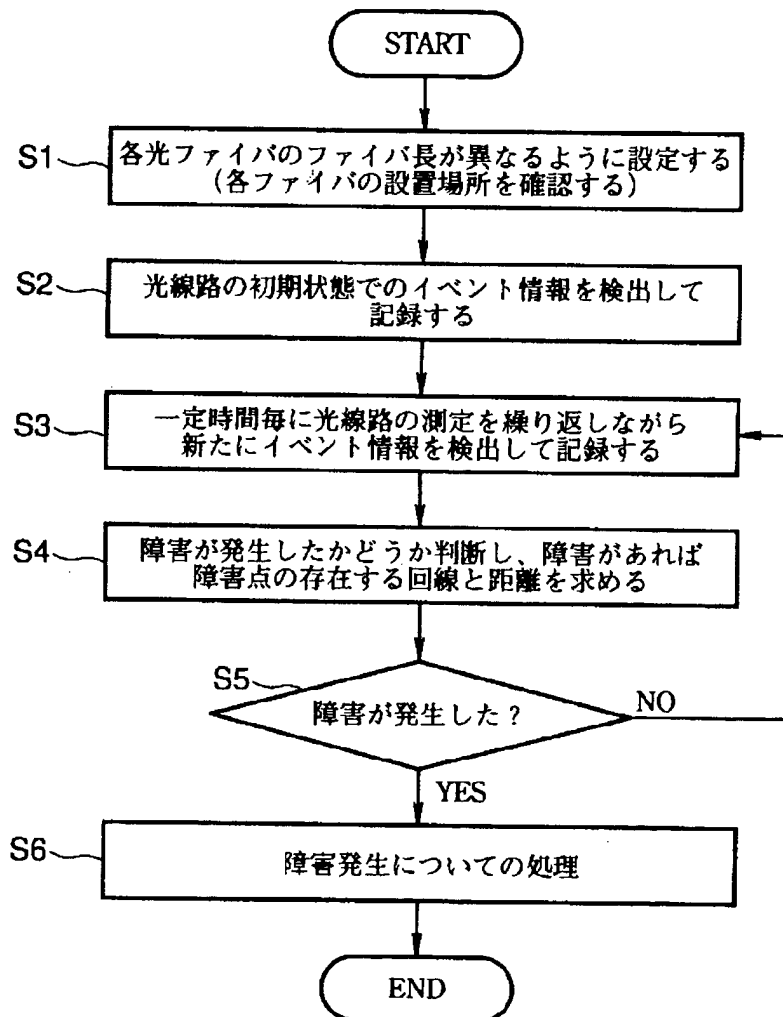
【図1】



【図2】



【図3】





【図4】

初期状態のイベント情報		
フレネル反射点	距離 (km)	レベル差 (dB)
CP		
ED1	2.820	0.6
ED2	3.495	0.9
ED3	4.185	1.5
ED4	4.983	7.4

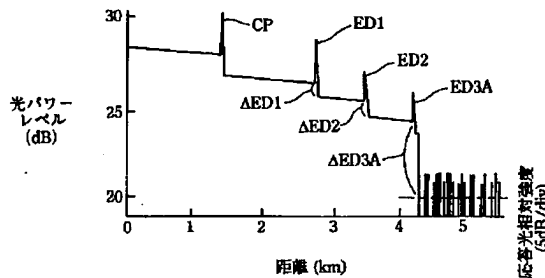
【図5】

(ケースA) 障害点発生時のイベント情報		
フレネル反射点	距離 (km)	レベル差 (dB)
CP		
ED1	2.820	0.6
ED2	3.495	0.9
ED3A	4.185	9.2

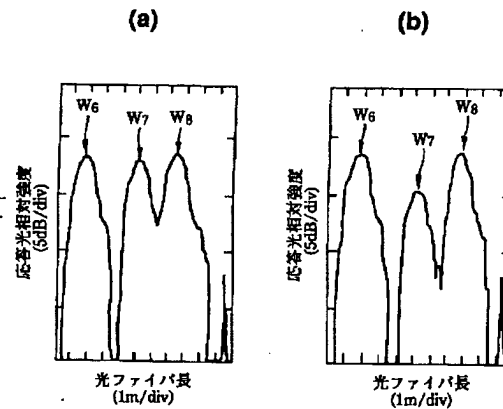
【図7】

(ケースB) 障害点発生時のイベント情報		
フレネル反射点	距離 (km)	レベル差 (dB)
CP		
ED1	2.820	0.6
ED2	3.495	0.9
ED3B	3.912	1.5
ED4B	4.185	7.9

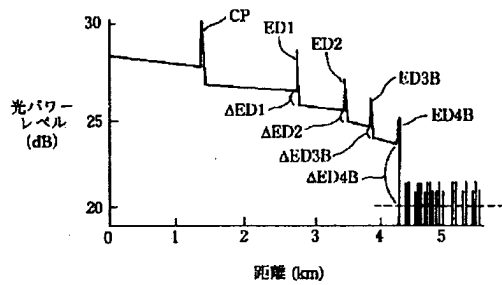
【図6】



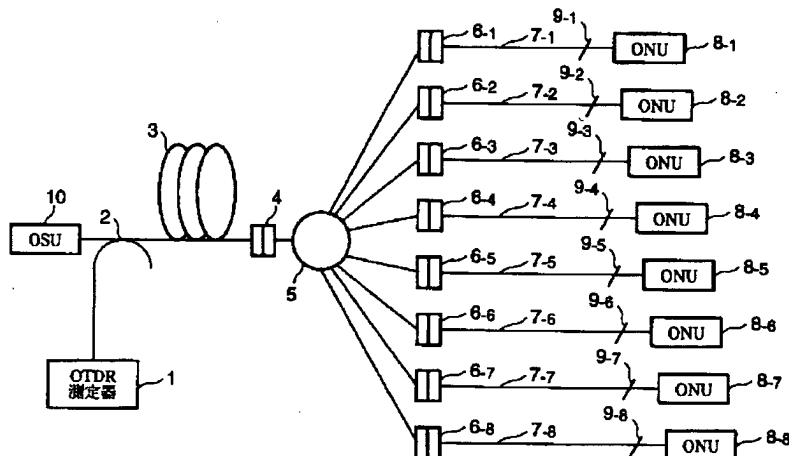
【図11】



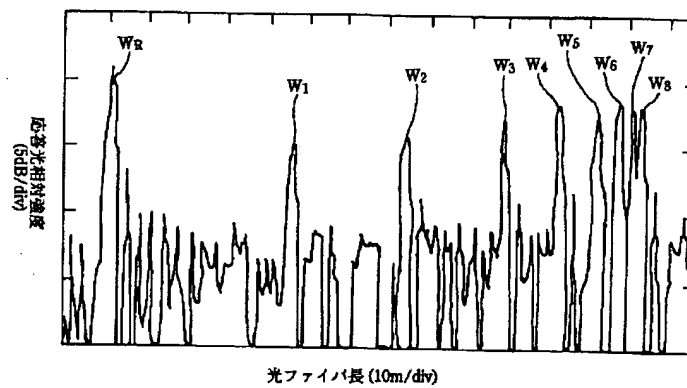
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 清水 慶一

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号

関西電力株式会社内

Fターム(参考) 2F065 AA01 AA18 BB12 CC00 FF31

FF58 GG08 LL00 LL03 QQ13

QQ23 QQ25 QQ26 QQ27

2G086 CC03 KK02 KK05

5K002 BA21 DA12 EA05 FA01